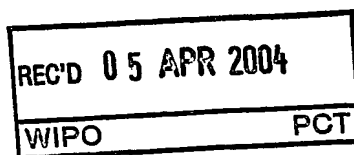


Helsinki 30.3.2004



ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT



Hakija
Applicant

ABB Oy
Helsinki

Patenttihakemus nro
Patent application no

20030386

Tekemispäivä
Filing date

14.03.2003

Kansainvälinen luokka
International class

H02J

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä sähköverkon avaruusvektorisuureen vastakomponentin ominaisuuksien määrittämiseksi"

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

BEST AVAILABLE COPY

Marketta Tehikoski
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite:	Arkadiankatu 6 A	Puhelin:	09 6939 500	Telefax:	09 6939 5328
	P.O.Box 1160	Telephone:	+ 358 9 6939 500	Telefax:	+ 358 9 6939 5328
	FIN-00101 Helsinki, FINLAND				

Menetelmä sähköverkon avaruusvektorisuureen vastakomponentin ominaisuuksien määrittämiseksi

Keksinnön tausta

5 Keksintö liittyy sähköverkon avaruusvektorisuureen vastakomponentin ominaisuuksien määrittämiseen.

Epäsymmetristä kolmivaiheverkkoa voidaan kuvata kolmella symmetrisellä kolmivaihekomponentilla, eli nollajärjestelmällä (Zero Sequence System, ZSS), myötäjärjestelmällä (Positive Sequence System, PSS) ja vastajärjestelmällä (Negative Sequence System, NSS).

10 Vastajärjestelmä määrittää sähköverkon suureiden vastakomponenttien avulla. Suureiden vastakomponentteja voidaan hyödyntää sähköverkon valvonnassa ja säätämisessä.

Keksinnön lyhyt selostus

15 Keksinnön tavoitteena on kehittää menetelmä sähköverkon avaruusvektorisuureen vastakomponentin ominaisuuksien määrittämiseksi. Tämä tavoite saavutetaan menetelmällä, jolle on tunnusomaista se, mitä sanotaan itsenäisessä patenttivaatimuksessa. Keksinnön edulliset suoritusmuodot ovat epäitsenäisten patenttivaatimusten kohteena.

20 Keksinnön mukaista menetelmää sähköverkon avaruusvektorisuureen vastakomponentin ominaisuuksien määrittämiseksi voidaan hyödyntää esimerkiksi sähköverkon jännite-epäsymmetrian kompensointimenetelmien yhteydessä.

25 Keksintö perustuu siihen, että sähköverkon avaruusvektorisuureen vastakomponentin ominaisuudet määritetään sähköverkon avaruusvektorisuureen avaruusvektorin muodostaman ellipsin ominaisuuksien perusteella.

Kuvioiden lyhyt selostus

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joista:

30 Kuvio 1 esittää myötä- ja vastajärjestelmän avaruusvektoreiden kärkien piirtämiä ympyräuria ja summavektorin kärjen piirtämää ellipsiuraa;

Kuvio 2 esittää lohkokaaviota sähköverkon jännitteen avaruusvektorin muodostaman ellipsin puoliakselien komponenttien määrittämiseksi; ja

Kuvio 3 esittää lohkokaaaviota sähköverkon jännitteen vastakomponentin suuruuden ja jännite-ellipsin pikkupuoliakselin kulman määrittämiseksi.

Keksinnön yksityiskohtainen selostus

5 Sähköverkon avaruusvektorisuure, jonka vastakomponentin ominaisuudet keksinnön mukaisella menetelmällä voidaan määrittää, voi olla esimerkiksi jännite tai virta. Alla käsitellään esimerkki, jossa määritetään vastakomponentin ominaisuudet sähköverkon jännitteelle.

10 Mikäli sähköverkossa ei esiinny nollakomponenttia, on kokonaisjännite vastakomponentin ja myötäkomponentin summa, jolloin verkon jännitevektorin \underline{u}_2 ura on ellipsi kuvion 1 mukaisesti, ja kyseinen jännitevektori voidaan määrittellä yhtälöllä

$$\underline{u}_2 = u_{2,PSS} e^{j\omega t} + u_{2,NSS} e^{-j(\omega t - \phi)},$$

15 missä $u_{2,PSS}$ on sähköverkon jännitteen myötäkomponentin suuruus, $u_{2,NSS}$ on sähköverkon jännitteen vastakomponentin suuruus, ω on kulmataajuus, t on aika, ja ϕ on myötä- ja vastajärjestelmän välinen vaihekulmaero alkuhetkellä. Ellipsin isopuoliakselilla myötä- ja vastajärjestelmävektoreiden kulmat ovat

20 samat, joten isopuoliakselin kulmaksi saadaan

$$\alpha_{maj} = \phi/2 + n\pi.$$

25 Ellipsin isopuoliakselin pituus l_{maj} on jännitteen myötävektorin pituuden $u_{2,PSS}$ ja vastavektorin pituuden $u_{2,NSS}$ summa. Ellipsin pikkupuoliakseli on kohtisuorassa isopuoliakselia vastaan, joten sen kulmaksi saadaan

$$\alpha_{min} = \phi/2 - \pi/2 + n\pi$$

30 Pikkupuoliakselin pituus l_{min} saadaan jännitteen myötävektorin pituuden $u_{2,PSS}$ ja vastavektorin pituuden $u_{2,NSS}$ erotuksena. Jännitteen myötävektorin pituus $u_{2,PSS}$ saadaan jakamalla isopuoliakselin pituuden l_{maj} ja pikkupuoliakselin pituuden l_{min} summa kahdella.

$$u_{2,PSS} = \frac{l_{maj} + l_{min}}{2}$$

Vastaavasti jännitteen vastavektorin pituus $u_{2,NSS}$ saadaan jakamalla isopuoliakselin pituuden l_{maj} ja pikkupuoliakselin pituuden l_{min} erotus kahdella.

$$u_{2,NSS} = \frac{l_{maj} - l_{min}}{2}$$

Edellä esitetyn perusteella ellipsin puoliakselien pituuksista voidaan päätellä myötä- ja vastajärjestelmäkomponenttien suuruudet. Ellipsin isopuoliakselin kulmasta voidaan päätellä myötä- ja vastajärjestelmän välinen vaihekulmaero alkuhetkellä, kuten edellä todettiin. Siten vastaverkon määrittäminen voidaan palauttaa summajännite-ellipsin ominaisuuksien määrittämiseksi.

Kuviossa 2 esitetään lohko-kaaviona eräs tapa sähköverkon jännitteen avaruusvektorin muodostaman ellipsin iso- ja pikkupuoliakselien komponenttien $u_{2\alpha,maj}$, $u_{2\beta,maj}$, $u_{2\alpha,min}$ ja $u_{2\beta,min}$ määrittämiseksi. Ensin mitatut sähköverkon jännitevektorikomponentit $u_{2\alpha}$ ja $u_{2\beta}$ alipäästösuodatetaan siten, että jäljellä on ainoastaan perusaalto. Alipäästösuodatuksen tarkoituksena on poistaa harmoniset komponentit. Suodattimien tyyppiä ei ole mitenkään rajoitettu, eikä suodattimista aiheutuvat vaihevirheet vaikuta menetelmän toimintaan.

Käytännössä jännitevektorikomponenttien $u_{2\alpha}$ ja $u_{2\beta}$ yliaaltoja ei tarvitse saada suodatettua aivan kokonaan pois, vaan niiden määrän alentaminen ennalta määrätylle tasolle riittää. Näin ollen on myös mahdollista, että alipäästösuodattaminen ei ole kaikissa tilanteissa edes välttämätöntä.

Kuviossa 2 esitettävässä menettelyssä ellipsin akselit määritetään tunnistamalla perusaaltojännitevektorin pituuden $|u_{2f}|$ ääriarvokohdat. Ääriarvokohdat määritetään yksinkertaisella derivaattatestillä, joka voidaan esittää alla olevana diskreettinä algoritmina, jossa k on aikaindeksi ja T_s on näyteväli.

1. Laske jännitteen perusaaltovektorin pituus $|u_{2f}|$.
2. Approksimoi derivaattaa differenssillä $d_k = (|u_{2f}|_k - |u_{2f}|_{k-1}) / T_s$.
3. Tarkasta ääriarvoehdot
 - Jos $d_k < 0$ ja $d_{k-1} > 0$, on kyseessä maksimi (isopuoliakseli)
 - Jos $d_k > 0$ ja $d_{k-1} < 0$, on kyseessä minimi (pikkupuoliakseli)

4. Jos maksimi tai minimi löytyi, talleta nykyiset $u_{2\alpha,k}$ ja $u_{2\beta,k}$ ääriarvon tyypistä riippuen vektorin $\underline{u}_{2,maj}$ tai $\underline{u}_{2,min}$ komponenteiksi.

Algoritmin kohdassa 3 tapahtuva ääriarvojen luokittelu derivaattasignaalin nollakohtien perusteella on analoginen jatkuvien funktioiden toisen derivaatan merkkiin perustuvan ääriarvojen luokittelun kanssa. Käytännön toteutuksessa kohdassa 1 voidaan käyttää perusaaltovektorin neliöllistä pituutta, koska neliöjuuri ei monotonisena funktiona vaikuta ääriarvoihin. Lisäksi kohdassa 2 voidaan erotusosamäärä korvata erotuksella jättämällä jakaminen näytevälillä T_s pois.

Edellä esitettyä algoritmia käytettäessä näyteväli T_s voi olla esimerkiksi 100µs. Algoritmin kohdassa 4 tallennettavien arvojen $u_{2\alpha,k}$ ja $u_{2\beta,k}$ määrä voidaan haluttaessa puolittaa tallentamalla esimerkiksi ainoastaan vasemmassa puolitasossa sijaitsevat puoliakselikomponentit.

Ellipsin puoliakseleiden komponenttien määrittäminen on vastajärjestelmän mittaamisessa ainoa aikakriittinen vaihe. Muut vaiheet voidaan toteuttaa hitaammilla aikatasoilla, esimerkiksi 1 ms:n aikatasolla. Jännite-ellipsin puoliakseleiden pituudet l_{maj} ja l_{min} lasketaan määritettyjen komponenttien avulla yhtälöillä

$$l_{maj} = \sqrt{u_{2\alpha,maj}^2 + u_{2\beta,maj}^2} \quad \text{ja}$$

$$l_{min} = \sqrt{u_{2\alpha,min}^2 + u_{2\beta,min}^2}$$

Myötä- ja vastakomponenttien suuruudet $u_{2,pss}$ ja $u_{2,nss}$ voidaan laskea ellipsin puoliakseleiden pituuksien l_{maj} ja l_{min} avulla edellä esitetyllä kaavalla. Ellipsin pikkupuoliakselin kulma α_{min} saadaan yhtälöllä

$$\alpha_{min} = \arctan\left(\frac{u_{2\beta,min}}{u_{2\alpha,min}}\right).$$

Eräs tapa sähköverkon jännitteen vastavektorin pituuden $u_{2,nss}$ ja jännite-ellipsin pikkupuoliakselin kulman α_{min} määrittämiseksi on esitetty lohko-kaaviona kuviossa 3. Kuvion 3 lohko-kaavion sisääntuloon syötetään kuvion 2

lohkokaavion ulostulon tiedot, eli sähköverkon jännitteen avaruusvektorin muodostaman ellipsin iso- ja pikkupuoliakselien komponentit.

5 Sähköverkon jännitteen avaruusvektorin muodostamaa ellipsiä on edellä käsitelty olettamalla sen muodoksi täydellinen, matematiikan teoriasta tuttu ellipsi. Käytännön sähköverkon jännitteen avaruusvektorin muodostama ellipsi on aina jonkin verran epämuodostunut, mutta on selvää, ettei tämä mi-
tenkään estä keksinnön mukaisen menetelmän käyttämistä, koska sopivalla algoritmilla pystytään määrittämään puoliakselien sijainti epätäydellisestäkin ellipsistä. Epätäydellisten ellipsien puoliakselien määrittämiseen soveltuvia al-
10 goritmeja tunnetaan useita, eikä keksinnön mukainen menetelmä aseta rajoituksia käytettävälle algoritmille.

Edellä käsitellyssä esimerkissä keksinnön mukaista menetelmää käytettiin sähköverkon jännitteen vastakomponentin ominaisuuksien määrittämiseen. Alan ammattilaiselle on itsestään selvää, että keksinnön mukaista
15 menetelmää voidaan soveltaa myös muiden avaruusvektorisuureiden, kuten esimerkiksi virran, vastakomponentin ominaisuuksien määrittämiseen.

Edellä on käsitelty keksinnön mukaisen menetelmän käyttämistä tapauksessa, jossa sähköverkossa ei esiinny nollakomponenttia. Koska esitetty menetelmä perustuu avaruusvektorisuureen avaruusvektorin mittaamiseen,
20 missä nollakomponentti ei näy millään tavalla, on selvää, että keksinnön mukaista menetelmää voidaan soveltaa myös sellaisten sähköverkkojen avaruusvektorisuureiden vastakomponenttien ominaisuuksien määrittämiseen, joissa nollakomponentti esiintyy.

Alan ammattilaiselle on ilmeistä, että keksinnön perusajatus voidaan
25 toteuttaa monin eri tavoin. Keksintö ja sen suoritusmuodot eivät siten rajoitu yllä kuvattuihin esimerkkeihin vaan ne voivat vaihdella patenttivaatimusten puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä sähköverkon avaruusvektorisuureen vastakomponentin ominaisuuksien määrittämiseksi, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheet, joissa määritetään sähköverkon avaruusvektorisuureen avaruusvektorin muodostaman ellipsin ominaisuuksien perusteella sähköverkon avaruusvektorisuureen vastakomponentin suuruus ja sähköverkon avaruusvektorisuureen vastakomponentin sijainti suhteessa myötäkomponenttiin.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että vaihe sähköverkon avaruusvektorisuureen vastakomponentin sijainnin määrittämiseksi suhteessa myötäkomponenttiin käsittää sähköverkon avaruusvektorisuureen avaruusvektorin muodostaman ellipsin pikkupuoliakselin kulman (α_{min}) määrittämisen.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheet, joissa määritetään:

sähköverkon avaruusvektorisuureen avaruusvektorin komponentit, avaruusvektorisuureen avaruusvektorin pituus ja sen derivaatta, mainitun derivaatan nollakohdat,

sähköverkon avaruusvektorisuureen avaruusvektorin muodostaman ellipsin iso- ja pikkupuoliakseleiden komponentit, sekä avaruusvektorisuureen avaruusvektorin muodostaman ellipsin iso- ja pikkupuoliakseleiden pituudet (l_{maj} , l_{min}).

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että:

avaruusvektorisuureen avaruusvektorin pituudelle määritetään useita arvoja vastaten useita eri ajanhetkiä, jolloin kahden peräkkäisen ajanhetken erotus on näytevälin (T_s) suuruinen,

vaihe avaruusvektorisuureen avaruusvektorin derivaatan määrittämiseksi käsittää avaruusvektorisuureen avaruusvektorin derivaatan approksimoinnin peräkkäisiä ajanhetkiä vastaavien avaruusvektorisuureen avaruusvektorin pituusarvojen ja näytevälin (T_s) avulla saatavalla differenssillä (d_k),

vaihe sähköverkon avaruusvektorisuureen avaruusvektorin muodostaman ellipsin iso- ja pikkupuoliakseleiden komponenttien määrittämiseksi käsittää vaiheet, joissa peräkkäisiä ajanhetkiä vastaavia, avaruusvektorisuureen avaruusvektorin derivaattaa kuvaavia differenssejä (d_{k-1} , d_k) verrataan nollaan, jolloin peräkkäisistä differensseistä myöhemmän (d_k) ollessa nollaa pienempi ja aiemman differenssin (d_{k-1}) ollessa nollaa suurempi, on kyseessä maksimi,

ja peräkkäisistä differensseistä myöhemmän (d_k) ollessa nollaa suurempi ja aiemman differenssin (d_{k-1}) ollessa nollaa pienempi, on kyseessä minimi,

jolloin maksimin löytyessä asetetaan nykyiset sähköverkon avaruusvektorisuureen avaruusvektorin komponentit ellipsin isopuoliakselivektorin komponenteiksi, ja minimin löytyessä asetetaan nykyiset sähköverkon avaruusvektorisuureen avaruusvektorin komponentit ellipsin pikkupuoliakselivektorin komponenteiksi.

5. Patenttivaatimuksen 3 tai 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

10 avaruusvektorisuureen avaruusvektorin muodostaman ellipsin kunkin puoliakselin pituus (l_{maj} , l_{min}) määritetään laskemalla yhteen kyseisen puoliakselin toiseen potenssiin korotetut komponentit, ja ottamalla tästä summasta neliöjuuri,

15 avaruusvektorisuureen avaruusvektorin muodostaman ellipsin pikkupuoliakselin kulma (α_{min}) määritetään trigonometrisesti kyseisen ellipsin pikkupuoliakselin komponenteista, ja että

sähköverkon avaruusvektorisuureen vastakomponenttivektorin pituus määritetään jakamalla avaruusvektorisuureen avaruusvektorin muodostaman ellipsin iso- ja pikkupuoliakselien pituuksien (l_{maj} ja l_{min}) erotus kahdella.

20 6. Jonkin patenttivaatimuksista 3 - 5 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että se käsittää lisäksi vaiheen, jossa sähköverkon avaruusvektorisuureen avaruusvektorin komponentteja alipäästösuodattamalla aikaansaadaan olennaisesti vain perusaallon sisältävät komponentit, jolloin avaruusvektorisuureen avaruusvektorin muodostaman ellipsin pikkupuoliakselin kulma

25 (α_{min}) ja sähköverkon avaruusvektorisuureen vastakomponentin suuruus määritetään mainittujen, olennaisesti vain perusaallon sisältävien komponenttien muodostaman avaruusvektorisuureen avaruusvektorin perusteella.

7. Jonkin edeltävän patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu sähköverkon avaruusvektorisuure on jännite

30 (u_2).

(57) Tiivistelmä

Keksinnön kohteena on menetelmä sähköverkon avaruusvektorisuureen vastakomponentin ominaisuuksien määrittämiseksi. Keksinnön mukainen menetelmä käsittää vaiheet, joissa määritetään sähköverkon avaruusvektorisuureen avaruusvektorin muodostaman ellipsin ominaisuuksien perusteella sähköverkon avaruusvektorisuureen vastakomponentin suuruus ja sähköverkon avaruusvektorisuureen vastakomponentin sijainti suhteessa myötäkomponenttiin.

(Kuvio 1)

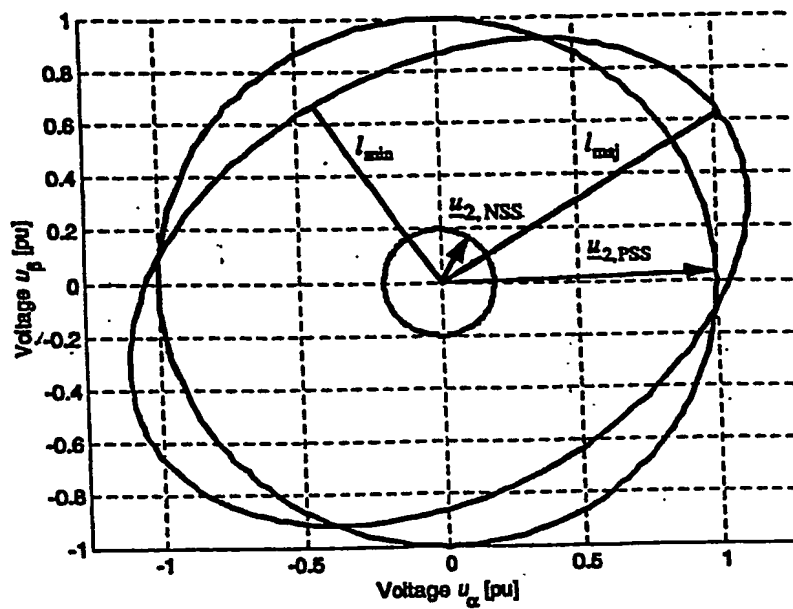


Fig 1

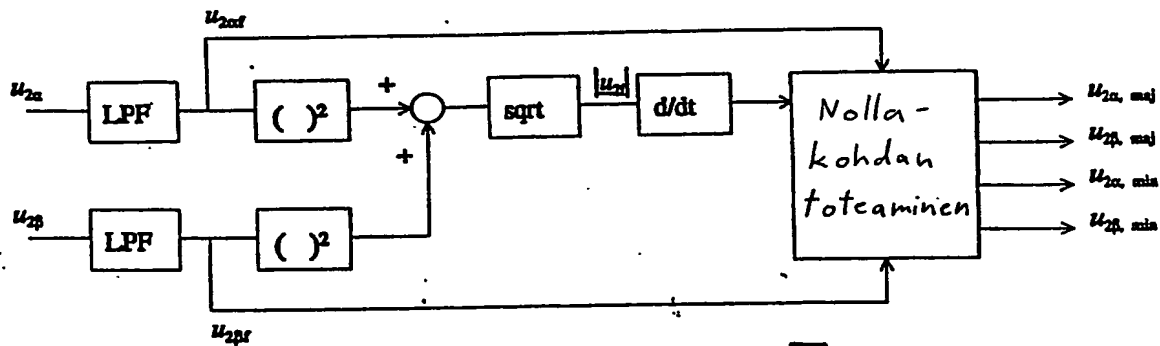


Fig 2

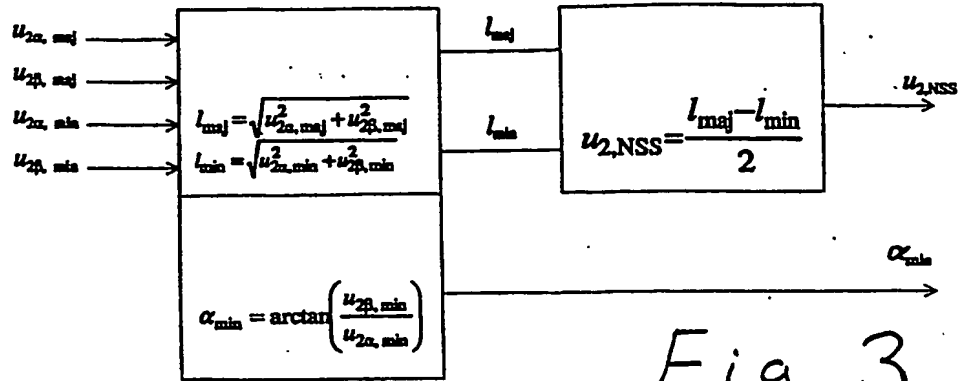


Fig 3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.